

Leszek Krupiński
Grażyna Barna
Ryszard Dusza
Jolanta Fornalska

Eureka 2000

NOWA

GIMNAZJUM

FIZYKA

PODRECZNIK

1-3

MAC
EDUKACJA



Leszek Krupiński
Grażyna Barna
Ryszard Dusza
Jolanta Fornalska

Eureka 2000

NOWA

GIMNAZJUM

FIZYKA

PODRĘCZNIK

1 – 3

WYKEMPLARZ OKAZOWY

Konsultacja merytoryczno-dydaktyczna
dr Małgorzata Wysocka-Kumisz

Projekt okładki
Magdalena Pilch

Opracowanie graficzne
Artur Gulewicz

Ilustracje:
Artur Gulewicz

Zdjęcia
BE&W, Shutterstock, Mariusz Kosela, Antoni Mysliwiec, Grzegorz Wrzcionowski, Konrad Krupiński

Redakcja językowa i korekta
Krystyna Bajor

Skład komputerowy
Przemysław Piątek

Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania i wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia ogólnego do nauczania fizyki na poziomie gimnazjum, na podstawie opinii rzeczoznawców: dr Józefiny Turlo, mgr Krystyny Teresy Stefaniuk, dr Magdaleny Trysińskiej.

Rok dopuszczenia: 2009
Nr dopuszczenia: 191/2009

ISBN 978-83-7873-698-1

© Grupa Edukacyjna S.A. 2015

Grupa Edukacyjna S.A.
25-561 Kielce, ul. Witosa 76
tel. 41 366 53 66; faks 41 366 55 55
e-mail: mac@mac.pl; <http://www.mac.pl>

SPIS TREŚCI

WSTĘP	7
1. WIADOMOŚCI WSTĘPNE – WŁAŚCIWOŚCI MATERII	9
1.1. Czym zajmuje się fizyka?	9
1.2. Procesy i zjawiska fizyczne	12
1.3. Pomiary wielkości fizycznych i ich jednostki	14
1.4. Wyznaczanie objętości ciała o dowolnych kształtach	19
1.5. Siła i jej pomiar. Siła ciężkości	21
1.6. Trzy stany skupienia substancji	25
1.7. Hipoteza cząsteczkowej budowy materii	28
1.8. Budowa substancji a jej właściwości	31
1.9. Masa ciała a gęstość substancji.....	34
1.10. Wyznaczanie gęstości substancji	37
1.11. Ciśnienie i jego pomiar	39
1.12. Ciśnienie hydrostatyczne i atmosferyczne.....	42
1.13. Prawo Pascala i jego zastosowanie.....	46
1.14. Prawo Archimedesesa.....	49
1.15. Warunki pływania ciał.....	52
2. RUCH PROSTOLINIOWY I SIŁY.....	55
2.1. Ruch i spoczynek	55
2.2. Wielkości opisujące ruch	60
2.3. Badanie ruchu prostoliniowego jednostajnego	64
2.4. Droga w ruchu prostoliniowym jednostajnym	67
2.5. Szybkość i prędkość w ruchu prostoliniowym jednostajnym	69

2.6.	Pierwsza zasada dynamiki	74
2.7.	Średnia wartość prędkości a prędkość chwilowa	78
2.8.	Ruch prostoliniowy jednostajnie przyspieszony	81
2.9.	Wielkości opisujące ruch prostoliniowy jednostajnie przyspieszony	86
2.10.	Ruch prostoliniowy jednostajnie opóźniony.....	92
2.11.	Druga zasada dynamiki	94
2.12.	Swobodne spadanie ciał	97
2.13.	Trzecia zasada dynamiki	100
2.14.	Wpływ oporów ruchu na poruszające się ciało.....	104
2.15.	W jakim celu stosujemy maszyny proste?	108
3.	ENERGIA	111
3.1.	Czym jest energia?	111
3.2.	Praca i jej jednostki	114
3.3.	Moc i jej jednostki	118
3.4.	Energia mechaniczna	122
3.5.	Energia potencjalna grawitacji i potencjalna sprężystości.....	125
3.6.	Energia kinetyczna	129
3.7.	Zasada zachowania energii mechanicznej	133
3.8.	Związek temperatury ciała z prędkością cząsteczek	138
3.9.	Przemiany energii w ruchu z tarcie	141
3.10.	Przepływ energii na sposób ciepła	143
3.11.	Pierwsza zasada termodynamiki	146
3.12.	Pojęcie ciepła właściwego	148
3.13.	Bilans cieplny	150
3.14.	Topnienie i krzepnięcie	153
3.15.	Parowanie i skraplanie	156

4.	ELEKTRYCZNOŚĆ.....	159
4.1.	Elektryzowanie ciał przez tarcie oraz przez dotyk.....	159
4.2.	Prawo Coulomba.....	163
4.3.	Mikroskopowy obraz elektryzowania ciał	166
4.4.	Zasada zachowania ładunku	171
4.5.	Model przewodnictwa elektrycznego w metalach i elektrolitach	176
4.6.	Napięcie elektryczne. Obwody elektryczne.....	179
4.7.	Natężenie prądu.....	183
4.8.	Opór elektryczny. Prawo Ohma	186
4.9.	Skutki przepływu prądu elektrycznego	189
4.10.	Praca prądu elektrycznego.....	192
4.11.	Moc prądu elektrycznego	195
	<i>Z historii fizyki – początki elektryczności</i>	<i>198</i>
5.	MAGNETYZM	199
5.1.	Właściwości magnetyczne ciał.....	199
5.2.	Pole magnetyczne przewodnika z prądem.....	204
5.3.	Elektromagnes i jego zastosowanie	208
5.4.	Oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem	211
5.5.	Mierniki i silniki prądu elektrycznego.....	214
6.	RUCH DRGAJĄCY I FALE	217
6.1.	Opis ruchu drgającego.....	217
6.2.	Wahadło matematyczne	221
6.3.	Istota i rodzaje ruchu falowego	225
6.4.	Wielkości opisujące ruch falowy.....	229
6.5.	Zjawisko odbicia fal.....	232
6.6.	Źródła i cechy dźwięków	234

7.	FALE ELEKTROMAGNETYCZNE I OPTYKA.....	239
7.1.	Widmo fal elektromagnetycznych	239
7.2.	Światło i jego właściwości	242
7.3.	Prostoliniowe rozchodzenie się światła	246
7.4.	Prawo odbicia światła	249
7.5.	Zwierciadła kuliste i ich zastosowanie	253
7.6.	Konstrukcja obrazów wytworzonych przez zwierciadła kuliste	255
7.7.	Prawo załamania światła.....	259
7.8.	Przejsięcie światła przez pryzmat	263
7.9.	Zjawiska optyczne w przyrodzie	265
7.10.	Rodzaje i własności soczewek	268
7.11.	Otrzymywanie obrazów za pomocą soczewek	272
7.12.	Konstrukcyjne wyznaczanie obrazów otrzymywanych w soczewkach.....	276
7.13.	Przyrządy optyczne	279
7.14.	Własności i zastosowanie fal elektromagnetycznych.....	282
	<i>Z historii fizyki – początki optyki</i>	285
	LABORATORIUM FIZYCZNE	286
	Wykaz tabel stałych wielkości fizycznych	295
	Odpowiedzi do zadań obliczeniowych	295

WSTĘP

W tym roku rozpoczynasz naukę fizyki. Może to być dla Ciebie początek niezwyklej przygody. Fizyka ukazuje ład, harmonię w świecie, stanowi podstawę techniki i umożliwia opanowanie sposobów współżycia z przyrodą. O znaczeniu i roli fizyki we współczesnym świecie i jej nowych osiągnięciach pisze nawet codzienna prasa. Mamy nadzieję, że fizyka Cię zainteresuje, tak jak wciążą Cię gra komputerowa. Komputer, choćby o największej pamięci, nie odkrywa praw fizycznych. Tę wspaniałą umiejętność posiada nasz umysł. Musisz go rozwijać, aby móc poznawać prawa rządzące otaczającym nas światem. Dostarczy Ci to wiele satysfakcji, podobnie jak przejście przez labirynt w grze komputerowej pełnej komnat, korytarzy, schodów i zakamarków. Wierzmy, że cały świat jest zbudowany według określonego planu i głównym celem badań fizyków jest poznanie tego planu – poznanie praw przyrody.

Podręcznik do fizyki, który masz przed sobą, ma pomóc Ci w zrozumieniu zagadnień omawianych na lekcji, dlatego czytaj uważnie odpowiednie paragrafy. Warunkiem powodzenia w osiąganiu dobrych wyników jest systematyczność uczenia się. Cały obowiązujący materiał podzielony został na jednostki lekcyjne. Sprawdzianem opanowania materiału na lekcji będzie umiejętność udzielenia prawidłowej odpowiedzi na pytania postawione na końcu analizowanego paragrafu.

Fizyka jest nauką doświadczalną, dlatego zaproponowane w podręczniku doświadczenia mają zapoznać Cię ze zjawiskami i prawami fizycznymi opisującymi te zjawiska. Niejednokrotnie mogą być one wykonywane przez Ciebie w domu. Istotną rolę spełnia rozwiązywanie zadań, sprawdzających zrozumienie omawianych zagadnień i ujawniających wszelkie braki i wątpliwości. Przygotowaniem do samodzielnego rozwiązywania zadań są przykłady podawane w treści objętej danym paragrafem. Przykłady trudniejsze wyróżnione są tłem.

Pamiętaj, że niewielką korzyść odniesiesz z nauki pamięciowej, staraj się więc zrozumieć zjawiska zachodzące wokół Ciebie.

Życzymy powodzenia.
Autorzy

EGZEMPLARZ OKAZOWY

*Dziękujemy
Nauczycielom i Uczniom, którzy w latach 2001-2009
pracowali z pakietem edukacyjnym EUREKA 2000
za cenne uwagi i spostrzeżenia.*

Autorzy

Czym zajmuje się fizyka?

Zapewne znacie przysłowie, że „kot zawsze spada na cztery łapy”. Ale czy wiecie, jak on to robi?

Kot w trakcie spadania potrafi się obrócić, mimo że nie odbija się od żadnego przedmiotu. Oczywiście nie jest to żaden cud. Zastanówmy się, czy z punktu widzenia fizyki jest coś ciekawego w tych kocich wyczynach. Może w czasie lotu kot szybko kręci ogonem?

Aby to sprawdzić, pewien badacz fotografował kocie zachowanie podczas spadania i prześledził fazy lotu, wykrywając odmienny – prawdziwie koci – sposób obracania się w powietrzu.

Fizyk swoim zwyczajem poradzi nam przeprowadzić doświadczenie, i to nawet bez kota. Będziemy mogli sami na własnej skórze odczuć działanie praw fizycznych, które pozwalają kotu na obrót w powietrzu.

Doświadczenie

Spróbujmy obrócić się na pięcie, trzymając przy sobie ciężki przedmiot (np. plecak z książkami). Następnie wyciągnijmy przed siebie poziomo ręce, nadal trzymając w nich ten przedmiot, i jeszcze raz wykonajmy obrót. Na pewno zauważymy, że o wiele trudniej obrócić się z wyciągniętymi rękami.

Kot też podkurcza i wyciąga swoje łapy, przez co np.: tył kociego ciała trudniej się obraca niż jego przednia część – z podkurczonymi łapami. Kilkakrotne powtórzenie tej czynności przez kota wystarczy, żeby obie pary kocich łap znalazły się u dołu i czekały na zetknięcie z ziemią.

Teraz jest to jasne i możemy fizyce podziękować za pomoc w wyjaśnieniu zagadnienia. Dzięki uwiecznionemu na kliszy filmowej eksperymentowi (spadanie kota trwa czasem ułamki sekund) oraz modelowemu doświadczeniu z ciężkim przedmiotem (np. plecakiem), wykryliśmy kocią tajemnicę.





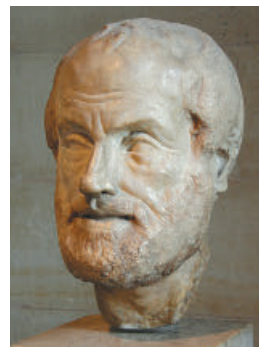
Takich ciekawych doświadczeń jest w fizyce wiele. Wykonajcie inne, zaproponowane przez nauczyciela. Spróbujcie np. wyjaśnić, dlaczego metalowa kulka swobodnie przechodząca przez pierścień, po ogrzaniu nie mieści się w nim.

Powinniście wiedzieć, że **fizyka** jest jedną z najstarszych nauk. Nazwa jej pochodzi od greckiego słowa *physis* ('natura', 'przyroda').

Pierwszymi fizykami byli filozofowie greccy, żyjący kilkaset lat przed naszą erą.

Najwybitniejszy z nich to Arystoteles (384–322 p.n.e.), który wprowadził pojęcie: „fizyka”. W fizyce Arystotelesa przyjmowało się, że samoistny ruch ciał wynika stąd, że 4 żywioły mają swoje naturalne położenie: najniższe – ziemia, potem – woda, następnie – powietrze, a najwyższe – ogień.

Fizyka zajmuje się poznawaniem tego, co nas otacza, czyli materia, jej właściwościami oraz prawami opisującymi jej przemiany.



Arystoteles (384–322 p.n.e.)

Materia nie jest czymś stałym, niezmiennym, np. woda przyjmuje różne stany skupienia. Fizyka bada te przemiany i dokładnie je opisuje. Ponadto materia znajduje się w ciągłym ruchu (np. falowanie morza, płynąca woda, wiatr) – fizyka bada te ruchy, ich przyczyny oraz skutki.

Człowiek zawsze starał się wyjaśniać przyczyny powstawania obserwowanych zjawisk, wyciągał wnioski i wykorzystywał je do ułatwiania sobie życia. Umożliwiło to np. budowę urządzeń usprawniających pracę, m.in. prądnic dostarczających energię elektryczną. Naukowcy wynajdują coraz to inne źródła energii, w tym niekonwencjonalne, dzięki którym można ułatwić pracę fizyczną ludzi i zwierząt.



Krzepnięcie wody, spadanie ciał, świecenie żarówki, wyładowanie atmosferyczne to przykłady zjawisk, które bada fizyka.

Badaniem przyrody zajmują się też inne nauki: astronomia, chemia, biologia, elementy geografii. Mimo że za najważniejszą z nauk ścisłych uważa się matematykę, to **fizyka króluje wśród nauk doświadczalnych**.

Powszechnie znane są związki fizyki z techniką. Pełni tu ona rolę dziedziny podstawowej dostarczającej konstruktorom wiedzy, bez której trudno dokonać wynalazku lub opanować nową technologię.

Z osiągnięciami fizyki spotykamy się na co dzień. Wystarczy pomyśleć o takich urządzeniach, jak radio, telewizor czy komputer.

Niektóre wynalazki, np. laser, powstały w laboratoriach fizyków, a dopiero potem znalazły zastosowanie w urządzeniach technicznych. Fizyka odgrywa znaczną rolę w grupie nauk przyrodniczych i ma ogromny wpływ na życie człowieka. Gwałtownie się rozwijając, zrewolucjonizowała technikę i przyczyniła się do postępu wielu nauk pokrewnych.

Fizycy badają najmniejsze elementy materii, ale również takie obiekty, jak gwiazdy oraz Wszechświat. Mnóstwo zagadek już rozwiązano, jednak wiele zjawisk czeka na swoich odkrywców. Może i Wy do nich dołączycie?



Czy wiesz, potrafisz?

1. Jaką rolę odgrywa fizyka wśród nauk przyrodniczych?
2. Sprawdź, czy woda wylewa się ze słoika przesłoniętego gazą i odwróconego do góry dnem.

Ciekawostka

Fizyce nie tylko przybyły nowe działy, takie jak fizyka kwantowa i fizyka cząstek elementarnych, ale także w istotny sposób uległy przeobrażeniu stare – mechanika, nauka o ciepłe, elektryczności i o magnetyzmie. Wyodrębniły się też nowe jej gałęzie:

- astrofizyka – zajmująca się pochodzeniem, właściwościami i ewolucją gwiazd,
- geofizyka – badająca przemiany całego globu,
- biofizyka – wyjaśniająca fizyczne podstawy procesów biologicznych.

1.2. Procesy i zjawiska fizyczne

Czym różni się sposób patrzenia na świat poety i fizyka?

Zauważyłeś, że główną metodą badań fizyka są **doświadczenia**, na podstawie których dochodzi on do pewnych wniosków. Opisując doświadczenia, fizyk posługuje się charakterystycznymi wyrażeniami – słowami i pojęciami.

Jak zapewne pamiętasz z lekcji przyrody, **ciałami fizycznymi** są otaczające nas przedmioty, np. rower, samochód, szkoła, ławka, pióro, książka, balonik.



Wszystkie ciała w przyrodzie składają się z **materii**. Mówimy również, że ciała składają się z różnych **substancji**, np. z żelaza, wody, powietrza. Rower jako ciało wykonany jest z różnych substancji. Aluminium jest substancją, a łyżeczka aluminiowa jest ciałem fizycznym. Aby ściśle opisywać otaczający nas świat, musimy posługiwać się właściwymi pojęciami – językiem fizyki.



Uczeni celowo i w sposób przemyślany wykonują doświadczenia.

Włoski uczyony **Galileusz** (Galileo Galilei), by zbadać odkryte przez siebie prawo spadania ciał, zrzucał różne przedmioty z krzywej wieży w Pizie. Musiał on przemyśleć i objaśnić wyniki doświadczeń, znaleźć przyczyny zjawisk. Wymagało to wytężonej pracy umysłowej.

Takie powtarzane doświadczenia, czyli **eksperymenty**, przeprowadzamy, aby wyjaśnić pewne prawidłowości. Ty też postaraj się wyciągać wnioski, wykonując eksperymenty.

Z lekcji przyrody pamiętasz, że możemy mówić o **procesach**, czyli zjawiskach regularnie następujących po sobie, jak np. procesy chemiczne czy biologiczne (utlenianie, spalanie węgla, trawienie, siwienie itp.). Zgniatanie kartki papieru to zjawisko fizyczne, a jej spalanie to zjawisko chemiczne.

Pamiętaj, że fizyk nie tylko bada właściwości materii, obserwuje zjawiska czy zachodzące procesy, ale dąży też do ustalenia zależności między wielkościami je opisującymi. Te wykryte prawidłowości zwane są **prawami fizycznymi**.

Zyjemy wśród otaczających nas **zjawisk fizycznych**. Mówiąc o zjawisku fizycznym, mamy na myśli zjawiska w przyrodzie, które mogą być opisane językiem fizyki. Niektóre z nich występują tak często, że praktycznie nie zauważasz ich na co dzień (np. świecenie żarówki, lot samolotu, spadanie ciał).



Inne rzadziej, np. wylądowanie atmosferyczne czy tęcza. Wracając ze szkoły, spróbuj zaobserwować zjawiska fizyczne i porozmawiaj o nich z kolegami.



Czy wiesz, potrafisz

1. Czym różni się proces od zjawiska?
2. Wymień kilka przykładów zjawisk fizycznych.

Ciekawostka

Wiele odkryć naukowych dokonywano przez przypadek, a czasem z niepokoju wywołanego przeświadczeniem, że jakiś element nie pasuje do całości.

Niekiedy wyniki doświadczeń prowadzą do weryfikacji dotychczasowych teorii i zastąpienia ich doskonalszymi.

1.3. Pomiar wielkości fizycznych i ich jednostki

Czy wszystko musi być mierzone?

W życiu codziennym często posługujemy się niezbyt dokładnymi określeniami, np. ilość danego ciała opisujemy, korzystając ze słów: mało, dużo, trochę, więcej, kilka. W fizyce, jako nauce, język, którego używamy, musi być bardzo precyzyjny.

Cukier do herbaty odmierzasz łyżeczką. W odpowiedzi na pytanie „ile słodzisz?” ukryta jest ilość cukru, którą chcemy mieć w herbacie. Pytanie „ile?” spełnia ważną rolę.

Czasem wymaga się precyzyjnego określenia ilości. Najpierw staramy się nazwać wielkość, żeby nie doszło do nieporozumienia, a następnie próbujemy przypisać tej wielkości **miarę**.

Aby odpowiedzieć na pytanie: „Ile masz centymetrów wzrostu?” – musisz zmierzyć długość swojego ciała. Przykładając przymiar metrowy, sprawdzasz, ile razy jednostka długości (1m) mieści się w długości Twojego ciała. Wtedy możesz każdemu powiedzieć, jaki jest Twój wzrost, a każdy rozumie cię doskonale, jeżeli tylko wie, co to jest długość oraz zna jej **jednostkę**.

Pomiary mają zasadnicze znaczenie – bez jednostek nie potrafimy określić miary danej wielkości fizycznej. Dlatego nie ma innego wyjścia – trzeba poznać te jednostki.

Jak już zapewne wiesz, **źródłem wiedzy fizycznej są doświadczenia**, a fizyk do ich przeprowadzania potrzebuje przyrządów. Niektóre z nich są proste i przeznaczone do prostych pomiarów. Do takich przyrządów zaliczamy np.: ciężarek zawieszony na nitce, który może służyć jako pion, linijkę do pomiaru długości, menzurkę do pomiaru objętości cieczy, wagę do pomiaru masy ciała.



Wraz z rozwojem fizyki różne przyrządy były doskonalone i zaczęto używać stoperów, termometrów, mierników elektrycznych itp.



Obecnie uczeni dysponują skomplikowaną i dokładną aparaturą służącą nawet do badania mikroskopowej budowy materii.

Właśnie aby uzyskać dokładne wiadomości o zjawiskach fizycznych, należy w czasie przeprowadzania doświadczeń dokonywać pomiarów. Chcąc dowiedzieć się, w jaki sposób objętość wody zależy od temperatury, trzeba – podgrzewając wodę – zmierzyć obie te wielkości. Objętość, masa i temperatura to przykłady **wielkości fizycznych**. Wielkości fizyczne opisują własności ciał, zjawisk czy procesów fizycznych. Innymi takimi wielkościami są m.in.: czas, długość, powierzchnia.

Zmierzenie wielkości fizycznej to porównanie jej z wielkością wzorcową przyjętą za jednostkę miary.

Człowiek dokonuje pomiarów w celach poznawczych, ale jeszcze częściej w celach handlowych. W dawnych czasach wzorcami do tworzenia miar były stopy, łokcie i kroki najdzielniejszych żołnierzy panujących władców. Było to bardzo niewygodne, tym bardziej że nie używano systemu dziesiętkowego. Jednostki mniejsze lub większe tworzone w ten sposób, że jednostkę wzorcową dzielono, np. na 12 lub 60 części.

Dla wygody wszystkie państwa na świecie dążą do tego, aby używać jednakowych jednostek wielkości fizycznych w systemie dziesiętkowym. Obecnie obowiązuje międzynarodowy układ jednostek (Système International d'Unités), zwany od pierwszych liter SI.

Przykładowe jednostki podstawowe w układzie SI.

Wielkość fizyczna	Jednostka	Oznaczenie
długość	metr	m
masa	kilogram	kg
czas	sekunda	s
temperatura	kelvin	K

W Polsce wzorce podstawowych jednostek przechowuje się w Głównym Urzędzie Miar w Warszawie.

Przedrostki tworzące nazwy jednostek wielkości fizycznych.

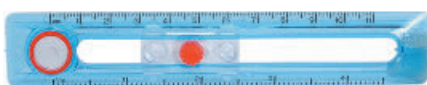
przedrostek	oznaczenie	mnożnik	przedrostek	oznaczenie	mnożnik
mega	M	1 000 000	decy	d	0,1
kilo	k	1 000	centy	c	0,01
hekto	h	100	mili	m	0,001
deka	da	10	mikro	μ	0,000001

Zapewne każdy z was używał już przyrządów pomiarowych. Na lekcjach matematyki mierzyliście długości odcinków, a w domu długości różnych przedmiotów. Czy zauważyliście, że różne przyrządy pozwalają mierzyć długość z różną dokładnością?

- do 1 cm, np. taśma miernicza



- do 1 mm, np. linijka szkolna



- do 0,01 mm, np. suwmiarka



W każdym z tych przyrządów pomiarowych najmniejsza działka, czyli różnica pomiędzy dwiema najbliższymi wartościami skali pomiarowej, określa dokładność, z jaką możemy dokonać pomiaru. Jest ona miarą **niepewności pomiaru**. W fizyce niepewność pomiaru uwzględniamy przy zapisie wyniku, na przykład wynik pomiaru długości kartki uzyskany za pomocą taśmy mierniczej zapiszemy (21 ± 1) cm, a za pomocą linijki szkolnej (210 ± 1) mm. W tych przypadkach niepewność pomiaru jest **niepewnością bezwzględną**, określającą przedział, w którym się zawiera wartość wyznaczonej wielkości fizycznej. Zanim przystąpimy do mierzenia, powinniśmy ocenić stopień dokładności, z jakim mamy go dokonać, i dobrać odpowiednie przyrządy.

Ważna jest też niepewność pomiaru w stosunku do wartości mierzonej. Nazywamy ją **niepewnością względną** i obliczamy:

$$\text{niepewność względna} = \frac{\text{niepewność bezwzględna}}{\text{wynik pomiaru}}$$

Niepewność względna określa jakość pomiaru, gdyż np. przy 1 mm jest większa dla wyniku rzędu 10 mm niż dla 1000 mm.

$$\frac{1 \text{ mm}}{10 \text{ mm}} > \frac{1 \text{ mm}}{1000 \text{ mm}} \quad \text{bo} \quad \frac{1}{10} > \frac{1}{1000}$$

Podajemy ją również w procentach.

$$\frac{1}{10} \cdot 100\% = 10\% \quad \frac{1}{1000} \cdot 100\% = 0,1\%$$

Jeśli chcemy zmierzyć długość półki, warto użyć linijki, której najmniejsza działka wynosi 1 mm. Jeśli natomiast mamy podać wymiary ogródka, to wystarczy dokonać pomiaru taśmą mierniczą z dokładnością do 1 cm. Gdyby jednak zaszła potrzeba określenia średnicy śruby lub nakrętki, to zastosujemy suwmiarkę i pomiaru dokonamy z dokładnością do 0,01 mm.

Każdy pomiar może być dokonywany z określoną dokładnością. Jednak zdarza się, że różne osoby, dokonując tego samego pomiaru i takim samym przyrządem, uzyskują różne wyniki. Zastanówmy się nad przyczynami takich sytuacji.

Przykład

Jola i Basia za pomocą linijek dokonały pomiaru długości ołówka. Jola uzyskała wynik 5,8 cm, a Basia 5,9 cm.

Przeanalizujemy teraz prawdopodobne źródła różnic w wynikach pomiarów:

- przyłożenie początku skali przyrządu do początku odcinka mogło być mniej lub bardziej dokładne
- koniec mierzonego odcinka mógł nie pokrywać się z tą samą działką na linijkach
- oko podczas pomiaru mogło nie być ustawione prostopadłe do danego miejsca przymiaru
- linijki mogły być niejednakowo wyskalowane.

Jak więc widać, na dokładność pomiaru mają wpływ głównie:

- sposób dokonania pomiaru (właściwe ustawienie przyrządu, obserwacja i odczyt)
- różnice w dokładności przyrządów pomiarowych.

Przykład

Jeżeli chcemy wyznaczyć objętość cieczy z dużą dokładnością, używamy cylindrów miarowych, tzw. **menzurerek**. Sprawdźcie, jakie menzurki znajdują się w waszej pracowni. Zapoznajcie się z ich skalą (zależną od średnicy menzurki). Wykorzystajcie odpowiednie cylindry w doświadczeniach.

Doświadczenie

Do menzurki ustawionej na stole nalewamy trochę wody i odczytujemy jej objętość. Na co należy zwrócić uwagę, aby poprawnie odczytać poziom wody, a więc i jej objętość?

Odmierzamy przy użyciu menzurki 5 cm^3 (5 ml) wody. Aby dokładnie odmierzyć tę ilość wody, można dodatkowo posłużyć się zakraplaczem lub cienką rurką. Trzymając palec u wylotu rurki (lub naciskając gumkę zakraplacza), będziemy mogli po kroplicy wpuszczać wodę do menzurki, aż do uzyskania dokładnego wyniku.



Do pomiarów wielkości fizycznych zaliczyć możemy również pomiary: temperatury cieczy za pomocą termometru laboratoryjnego, temperatury powietrza za pomocą termometru zaokienego, ciała człowieka za pomocą termometru lekarskiego, czasu trwania jakiegoś zjawiska za pomocą stopera lub zegarka.

Przy pomiarze każdej wielkości fizycznej trzeba pamiętać o niepewności pomiaru. Żaden wynik pomiaru nie jest równy wartości prawdziwej lecz jest jej przybliżeniem. Jest to spowodowane nieprecyzyjnym wycechowaniem przyrządu, użyciem niewłaściwej metody pomiaru lub niedoskonałością naszych zmysłów. W niektórych przypadkach możemy pozwolić sobie na mniej dokładny pomiar, a czasem musimy dokonać pomiaru z dużą dokładnością. Wlewając do pralki płyn do prania, można pozwolić sobie na popełnienie błędu przy odmierzeniu tego płynu, natomiast farmaceuta, odmierzając określone ilości składników leków, musi zachować dużą dokładność pomiaru.

Czy wiesz, potrafisz

1. Jakie przyrządy służą do pomiaru:
 - a) długości,
 - b) objętości cieczy,
 - c) temperatury,
 - d) czasu?
2. Jakie są przyczyny niepewności pomiarowych?
3. Wyjaśnij, co oznacza zapis wyniku pomiaru: (16 ± 1) mm?
4. Dokonaj pomiaru temperatury w pokoju oraz czasu powrotu ze szkoły do domu. Wyniki zapisz, uwzględniając niepewność pomiaru.

Ciekawostka

W gospodarstwie domowym również używa się naczyń miarowych, np. pojemnika z podziałką do płynów czy na proszek do prania, kieliszków lub łyżeczek przy niektórych lekach.

Ludzie od dawna używali przyrządów do pomiaru czasu. Pierwszym naturalnym zegarem było Słońce. W ciągu wieków konstruowano różne typy zegarów: słoneczny, świecowy, klepsydrę, wahadłowy, wodny, kwarcowy, atomowy, GPS.

Jednostki czasu pochodzą od starożytnych Sumerów i Akkadyjczyków, gdzie uniwersalną jednostką pomiarową były talenty: 1 talent = 60 min, 1 mina = 60 szekli i stąd w 60. systemie miar przyjęto 1 h = 60 min. i 1 min. = 60 s.

1.4. Wyznaczanie objętości ciał o dowolnych kształtach

Jak wyznaczyć objętość własnego ciała?

Zgodnie z legendą, odpowiedź na to pytanie znalazł słynny starożytny uczoney – Archimedes – który kąpiąc się w wannie, wpadł na pomysł rozwiązania zadania postawionego mu przez władcę Syrakuz.

Archimedes miał ustalić, czy korona królewska wykonana jest z czystego złota. Aby to stwierdzić, musiał wyznaczyć objętość korony. W tym celu nappełnił odpowiednie naczynie wodą i zanurzył w niej koronę. Pewna ilość wody wylała się do podstawionego drugiego naczynia – objętość wylanej wody była równa objętości korony.

Do tego zagadnienia powrócimy w rozdziale 1.14.

Metodę zastosowaną przez Archimedesą wykorzystujemy do wyznaczania objętości ciał.

Doświadczenie

Aby sprawdzić, czy w istocie objętość wypartej cieczy jest taka sama jak objętość zanurzanego ciała, możemy wykonać doświadczenie, zanurzając prostopadłościan w wodzie znajdującej się w menzurce. Odczytując ze skali objętość wody przed włożeniem (V_1) i po włożeniu prostopadłościanu (V_2), obliczymy jego objętość (V), stosując wzór:

$$V = V_2 - V_1$$

Objętość tego prostopadłościanu możemy też obliczyć ze wzoru:

$$V = a \cdot b \cdot c$$

W ten oto sposób możemy udowodnić, że:

Objętość wypartej cieczy jest równa objętości całkowicie zanurzonego w niej ciała.

Wyniki pomiarów objętości metodą wyporu cieczy i metodą obliczeniową są jednakowe.



Metodą wyporu możemy łatwo wyznaczyć objętość przedmiotu o nieregularnym kształcie (np. klucza, nakrętki), musimy tylko użyć menzurki dostosowanej do wielkości przedmiotu.

Doświadczenie

A jak postąpić, gdy przedmiot, którego objętość chcemy wyznaczyć (np. jabłko), nie mieści się w menzurce? W tym celu posłużymy się dodatkowo innymi naczyniami.



Mierząc menzurką objętość wody, która po włożeniu ciała do pełnego naczynia wylała się z niego na kuwetę, wyznaczyliśmy objętość tego ciała.

Możemy też postąpić nieco inaczej: po wyjęciu tego ciała z wody zmierzyć objętość wody, którą trzeba dolać, aby naczynie było z powrotem pełne.

Teraz zapewne już znasz odpowiedź na postawione na wstępie pytanie.

Czy wiesz, potrafisz

1. Jak wyznaczyć objętość ciała o nieregularnym kształcie?
2. Podaj kolejność czynności przy wyznaczaniu objętości pierścienka.
3. Do wypełnionego wodą cylindrycznego naczynia o polu powierzchni dna równym 5 cm^2 wrzucono 25 monet. Poziom wody w naczyniu podniósł się o 1 cm. Jaka jest objętość metalu użyta do produkcji jednej takiej monety?

Ciekawostka

Jednostką pojemności statku jest tak zwana tona rejestrowa (RT). Jest ona równa $2,83 \text{ m}^3$. Wynika stąd, że statek o tonażu 100000 RT dysponuje (na załadunek) wewnętrzną przestrzenią o pojemności 283000 m^3 .

Do pomiaru objętości cieczy i materiałów sypkich (a więc i pojemności naczyń) stosuje się czasem jednostkę zwaną galonem.

W Anglii 1 galon = 4,546 l, zaś galon amerykański = 3,785 l.

1.5. Siła i jej pomiar. Siła ciężkości

Spróbujcie wyjaśnić zachowanie się naelektryzowanego balonika utrzymującego się pod sufitem.

Z lekcji przyrody pamiętacie doświadczenia z magnesami. Zbliżając dwa bieguny magnetyczne do siebie, możemy zaobserwować wzajemne odpychanie lub przyciąganie się tych biegunów.

Takie oddziaływania nazywamy **oddziaływaniami magnetycznymi**.

Zdolność wzajemnego oddziaływania mają także ciała naelektryzowane – przyciągają lub odpychają się wzajemnie. Są to **oddziaływania elektrostatyczne**.



Doświadczenie

Pocieramy dwa napompowane baloniki kawałkiem sukna i zawieszamy na nitkach obok siebie. Co zaobserwujemy? Baloniki odpychają się – jest to przykład **oddziaływań elektrostatycznych**.

Pocieramy suknem plastikową linijkę i zbliżamy do skrawków papieru lub nitki. Co zaobserwujemy?

Tym razem linijka przyciągała skrawki papieru. To również przykład oddziaływań elektrostatycznych.

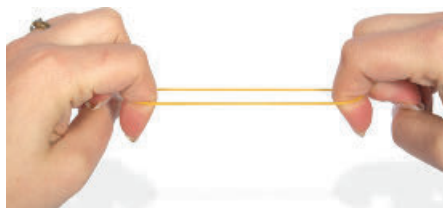
W życiu codziennym obserwujemy takie zjawiska, jak spadanie owoców z drzew, kropli deszczu i innych ciał na ziemię. Te wszystkie zjawiska wywołane są oddziaływaniem z Ziemią. Puszczona z dłoni piłka spada na ziemię. Piłka i Ziemia przyciągają się wzajemnie. Wzajemne oddziaływania mas to **oddziaływania grawitacyjne**.

Zauważcie, że oddziaływania magnetyczne, elektrostatyczne i grawitacyjne między ciałami nie wymagają bezpośredniego kontaktu tych ciał, występują „na odległość”.



Chwytny za końce gumkę recepturkę, rozciągamy ją. Co odczuwamy?

Gumka wydłużyła się, ale oddziałując na nasze palce, równocześnie starała się wrócić do poprzedniego stanu. Takie oddziaływanie nazywamy **oddziaływaniem sprężystym**. Wymaga ono bezpośredniego kontaktu. Spróbujcie podać inne przykłady oddziaływań sprężystych.



We wszystkich poznanych wcześniej przykładach wzajemnego oddziaływania obserwowaliśmy zmiany wywołane w otoczeniu. Zmiany te nazywamy **skutkami oddziaływań**. Skutki te możemy podzielić na dwie grupy:

- **dynamiczne**, związane z ruchem ciał (wprawienie ciała w ruch, zmiana kierunku ruchu, zatrzymanie ciała będącego w ruchu),
- **statyczne**, związane ze zmianą kształtu ciała (np. rozciągnięcie sprężyny, zgniecenie plasteliny, złamanie patyka).

Skutki te mogą być mniej lub bardziej widoczne, mogą zachodzić wolniej lub szybciej. Efekty oddziaływania zatem nie zawsze są takie same.

Fizyk nie może powiedzieć tylko, że oddziaływanie jest mniejsze albo większe, musi znać jego miarę.

Przyjęto, że miarą wzajemnego oddziaływania ciał jest siła.

Siła może być mała lub duża – ma więc **wartość**. Obecnie stosowaną jednostką siły w układzie SI jest **niuton (N)**. Z określeniem tej jednostki zapoznacie się w trakcie dalszej nauki.

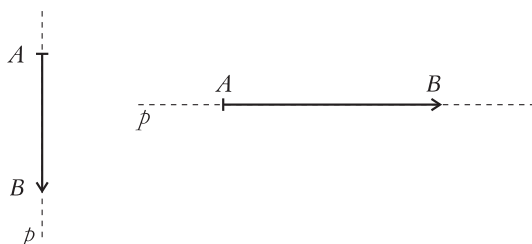
Przeanalizujmy podnoszenie plecaka do góry. Plecak uniesie się, gdy go uchwycimy i użyjemy siły swoich mięśni. Mówimy, że przyłożyliśmy siłę do plecaka. Siła działająca na ciało posiada **punkt przyłożenia**.

Plecak możemy podnosić pionowo do góry albo przesuwając poziomo po ławce. Siła naszych mięśni działa w określonym kierunku. Prosta, wzdłuż której działa siła, nazywa się **kierunkiem działania siły**.

Siła podnosząca plecak działa pionowo do góry, a siła, z jaką Ziemia przyciąga plecak – pionowo w dół (siły działają wzdłuż tej samej prostej – mają ten sam kierunek). Mówimy, że siły te są **przeciwnie zwrócone**. **Zwrot** to również cecha każdej siły.

Siła to wielkość, która posiada wartość, kierunek, zwrot i punkt przyłożenia.

Można ją przedstawić graficznie, używając odcinka skierowanego zwanego wektorem.



\vec{AB} – zapis wektora (strzałka nad literą oznacza wielkość wektorową)

A – początek wektora – punkt przyłożenia siły

AB – długość wektora – miara wartości siły

B – koniec wektora (grot) – określa zwrot siły

p – prosta – kierunek działania siły

Obierając odpowiednio jednostkę, możemy z łatwością przedstawić graficznie siły o różnych wartościach. Musimy jednak znać ich kierunek działania, zwrot i punkt przyłożenia. Przeważnie wektor siły oznaczamy dużą literą np.: \vec{F} , \vec{R} , \vec{T} , \vec{P} .

Poznamy teraz zasadę budowy i działania przyrządu do mierzenia sił.

Wicie już, że do określenia wartości oddziaływania używamy pojęcia siły. Każda siła wywołuje określony skutek. Sprawdźmy to doświadczalnie.

Doświadczenie

Na sprężynie zawieszamy kolejno po jednym identycznym obciążniku i mierzymy wydłużenie sprężyny.



W jednej ze szkół uzyskano wyniki:

Ilość obciążników (szt.)	Masa (g)	Wydłużenie sprężyny (mm)
1	50	10
2	100	20
3	150	30

Analizując wyniki, dochodzimy do wniosku, że:

- jednakowym masom zawieszanych obciążników odpowiada jednakowe wydłużenie sprężyny
- im większa liczba zawieszonych na sprężynach obciążników, tym większe jest jej wydłużenie. Mówimy, że wydłużenie sprężyny jest **wprost proporcjonalne** do liczby zawieszonych obciążników.

Czy potrafilibyście przewidzieć, jakie będzie wydłużenie sprężyny, jeśli będzie na nią działać 6 obciążników?

W ten sposób przystosowuje się sprężynę do mierzenia siły, a więc wykalowuje ją. Przyrząd, który wykorzystuje rozciąganie sprężyny, nazywamy siłomierzem.

Zapoznajcie się z budową siłomierza szkolnego, jego podziałką oraz zakresem. Mogą to być siłomierze posiadające skalę umieszczoną obok rozciągniętej sprężyny lub pod nią. Zakres siłomierza zależy m.in. od właściwości sprężystych oraz przekroju drutu, z którego wykonana jest sprężyna siłomierza.

Na każde ciało, które znajduje się na Ziemi lub w jej pobliżu, a więc i na obciążniki z doświadczenia, działa siła ciężkości, której źródłem jest Ziemia. Siła ta zależy od masy ciała. Im większa masa, tym większa siła ciężkości. Możemy to zapisać:

$$F_c = m \cdot g$$

gdzie: F_c – siła ciężkości, m – masa, $g \approx 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ – stały współczynnik proporcjonalności grawitacji zależny od szerokości geograficznej, np. dla Polski $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

Jednostką siły ciężkości jest niuton (N)

$$[F] = [m] \cdot [g] \quad [F_c] = 1 \text{ kg} \cdot 1 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 1 \text{ N}$$

np. na odważnik o masie 1 kg działa siła ciężkości ok. 10 N.

Teraz możemy przystąpić do wyznaczenia wartości np. siły, z jaką Ziemia przyciąga piórnik lub książkę. Pamiętajcie o tym, pod jakim kątem należy patrzeć na skalę przyrządu, aby nie popełnić dużego błędu. Możemy np. dokonać trzech pomiarów siły i ustalić wartość średnią wyników pomiarów. Można też wyznaczyć siłę potrzebną do przesuwania klocka po ławce.

Czy wiesz, potrafisz

1. Jakie są rodzaje oddziaływań?
2. Jakie cechy posiada każda siła?
3. Co to znaczy, że wydłużenie sprężyny jest proporcjonalne do liczby zawieszonych na sprężynie obciążników.

Ciekawostka

W jednej z bajek rosyjski poeta, Iwan Kryłow, opisał, jak łabędź, rak i szczupak ciągnęły naladowany wóz. Łabędź ciągnął do góry, szczupak do wody, a rak do tyłu i wóz nie ruszył z miejsca. Spróbuj wyjaśnić – dlaczego.



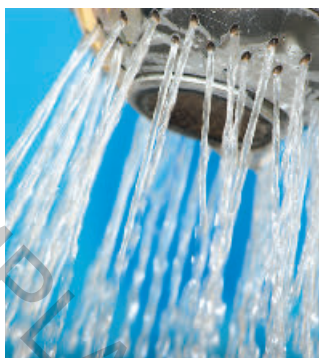
1.6. Trzy stany skupienia substancji

Co decyduje o tym, który z trzech stanów skupienia materii – stały, ciekły lub gazowy – przyjmuje dana substancja?

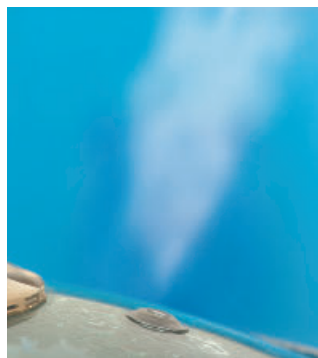
Pamiętacie z lekcji przyrody, że substancje, które nas otaczają, mogą znajdować się w trzech stanach skupienia: stałym, ciekłym i gazowym. Najłatwiej zaobserwujemy te trzy stany skupienia na przykładzie wody.



lód



woda



para wodna

Zajmijmy się teraz właściwościami fizycznymi materii w trzech stanach skupienia.

Doświadczenie

Napełniamy wodą szklankę i menzurkę. Zaobserwujemy, że woda przyjmuje zawsze kształt naczynia, w którym się znajduje. Jest bezbarwna, nie ma smaku i zapachu.



Znacie też inne ciecze: olej, mleko, benzynę itd. Zastanówcie się, jakie charakterystyczne cechy mają wszystkie ciecze.

Ciecz przyjmuje kształt naczynia, w którym się znajduje, a więc łatwo jest zmienić jej kształt, przelewając ją do innego naczynia. Nie można ścisnąć cieczy w strzykawce, a więc trudno jest zmienić jej objętość.

Przypomnijmy właściwości ciał stałych.

Lód jest ciałem stałym, otrzymanym w wyniku obniżenia temperatury wody do 0°C (czytamy: zero stopni Celsjusza). Jest substancją bezbarwną, twardą i kruchą, mającą swój własny kształt, który trudno zmienić.



W wyniku działania siły kreda i lód kruszą się – rozsypują na drobne części. Kreda i lód są **ciałami kruchymi**. Jeśli uda się zmienić ich kształt (pokruszyć), nie powrócą już do swojej pierwotnej postaci.

Znacie inne ciała stałe: metale, tworzywa sztuczne, kamienie itd. Przekonajmy się, czy można zmienić kształt niektórych ciał stałych.

W wyniku działania siły gąbka zostaje ściśnięta. Zachowuje się podobnie do sprężyny. Gąbka i guma są **ciałami sprężystymi**. Ciała te łatwo powracają do swojej pierwotnej postaci po ustaniu działania sił.



W wyniku działania siły plastelina zmienia swój kształt. Plastelina czy miękki drut są **ciałami plastycznymi**. Poprzez odpowiednie działanie można nadać im ich pierwotny kształt. Same nie powracają do poprzedniego kształtu.

Ciała stałe mają określony kształt, który trudno jest zmienić. Zmiana kształtu ciała stałego nie wywołuje zauważalnych zmian objętości. Rozdrobniony kamień ma taką samą objętość, jaką miał cały.



Zaobserwujmy właściwości gazów.

Doświadczenie



Zatkajmy otwór strzykawki. Naciskając na tłoczek, spróbujemy zmniejszyć objętość znajdującego się w niej powietrza.

Doprowadzając wodę do wrzenia zaobserwujemy unoszącą się mgiełkę skroplonej pary wodnej. Para wodna jest gazem bezbarwnym, bezwonny i dla nas niewidocznym. Mgiełka, która unosi się nad czajnikiem, to już oziębiona (po zetknięciu z powietrzem o dużo niższej temperaturze) i skroplona para wodna.

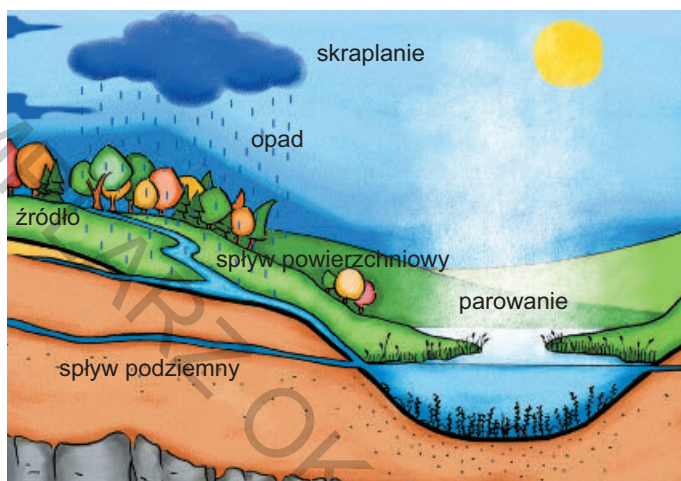
Gazy przyjmują kształt pomieszczenia lub naczynia, w którym się znajdują, łatwo zmienić ich kształt.

Gazy są ściśliwe i rozprężliwe, a więc łatwo jest zmienić ich objętość. Wypełniają całą objętość pomieszczenia lub zbiornika, w którym się znajdują.

Przypomnij sobie wiadomości z lekcji przyrody o zmianach stanów skupienia.

Ogrzany soplek lodu topi się, natomiast woda wstawiona do zamrażarki zmienia się w lód. Podczas gotowania woda w naczyniu paruje, na położonej na nim pokrywie – skrapla się.

Topnienie oznacza przejście ciała ze stanu stałego w stan ciekły. Proces odwrotny, tzn. zamianę cieczy w stan stały, nazywamy **krzepnięciem**. Podczas **parowania** ciecz zamienia się w gaz, odwrotny zaś proces, zamianę gazu w ciecz, nazywamy **skraplaniem**. Wszystkie te procesy zachodzą nieustannie na Ziemi.

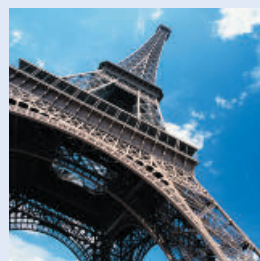


Czy wiesz, potrafisz

1. Jakie właściwości mają ciała stałe, ciekłe i gazowe?
2. Podaj przykłady ciał kruchych, sprężystych i plastycznych.
3. Podaj trzy przykłady zmian stanu skupienia substancji.

Ciekawostka

Ciała stałe na skutek ogrzewania zwiększają swoje wymiary. Po wystygnięciu przedmioty wracają do swoich pierwotnych wymiarów. To zjawisko nazywa się rozszerzalnością temperaturową. Wieża Eiffla jest stalową konstrukcją mającą około 300 m wysokości opartą na 4 nogach. Teraz już wiecie dlaczego wieża Eiffla zmienia swoją wysokość w różnych porach roku.



1.7. Hipoteza cząsteczkowej budowy materii

Wiadomo, że Wszechświat jest zbudowany z małych drobin (cząsteczek), ale czy umysł ludzki może sobie wyobrazić, jak małe są rozmiary cząsteczek? Może, ale z wielkim trudem. Jeśli powiększylibyśmy piłkę tenisową do rozmiarów Ziemi, to tworzące ją cząsteczki miałyby wielkość winogron.

Gdyby natomiast cząsteczki miały wielkość główki od szpilki, to cząsteczki, z których zbudowane jest ziarenko piasku, wypełniłyby sześcian o krawędzi jednego kilometra.

Przez wieki filozofowie i uczeni badający przyrodę wyjaśniali wiele zjawisk, przyjmując hipotezę cząsteczkowej budowy materii.

Według atomistycznej teorii greckiego filozofa Demokryta z Abdery świat składa się z niepodzielnych atomów poruszających się w próżni. Ich połączenia dają w efekcie różnorodne ciała.

W dobie mikroskopów elektronowych wiemy, że tak jest rzeczywiście. Spróbujmy sprawdzić hipotezę Demokryta z Abdery, używając prostszych metod.

Doświadczenie

Do menzurki z określoną objętością wody powoli i delikatnie wlewamy taką samą objętość denaturatu. Zaznaczamy objętość cieczy po nalaniu denaturatu, a potem mieszamy obie ciecze. Objętość roztworu powinna być sumą objętości wody i denaturatu. Tak jednak nie jest – objętość roztworu jest trochę mniejsza. Zastanawiając się nad tym problemem, wykonajmy tzw. doświadczenie modelowe, które pozwoli to wyjaśnić.



Doświadczenie

W dwóch menzurkach znajdują się jednakowe objętości grochu i kaszy. Jeśli je wymieszaemy, objętość mieszaniny będzie mniejsza niż suma objętości grochu i kaszy. Mniejsze ziarenka kaszy wypełniają miejsca między większymi ziarnami grochu.

W taki sam sposób tłumaczymy mieszanie się wody i denaturatu. Wyobrażamy sobie, że te dwie substancje składają się z maleńkich cząsteczek różnej wielkości, które mieszają się podobnie jak ziarenka grochu i kaszy.

Sprawdźmy teraz, co stanie się z wodą, jeśli włożymy do niej torebkę herbaty ekspresowej.

Doświadczenie

Jeśli włożymy torebkę herbaty ekspresowej do naczynia z wodą, zobaczymy po chwili rozchodzące się smugi esencji herbacianej, które po pewnym czasie zabarwiają wodę w całym naczyniu.



Zjawisko, które obserwowaliśmy, nazywa się **dyfuzją**, która polega na samoistnym mieszanii się esencji herbacianej z wodą.

Doświadczenie

W jednym miejscu w klasie otworzymy buteleczkę perfum. Po pewnym czasie pocujemy ich zapach rozchodzący się po całej sali. Dlaczego tak się dzieje?

Cząsteczki płynnych perfum parują i samoistnie mieszają się z powietrzem. Wnioskuje więc, że cząsteczki są w nieustannym ruchu i w gazach również zachodzi zjawisko dyfuzji.

Zjawisko dyfuzji zachodzi także w ciałach stałych, ale znacznie wolniej niż w cieczach lub gazach.

Zjawisko to przekonuje nas o kinetyczno-cząsteczkowej budowie materii. Każda substancja – stała, ciekła i gazowa – jest zbudowana z cząsteczek. Wiemy, że cząsteczki są bardzo małe i dla nas niewidoczne. Ich rozmiary podaje się w jednostkach nazywanych **nanometrami (nm)**. Jeden nanometr stanowi miliardową część metra.

$$1 \text{ nm} = 0,000000001 \text{ m}$$

Pamiętajmy również o tym, że cząsteczki różnych substancji są różnej wielkości i różnych kształtów.

Już od dawna nurtowały człowieka pytania, jak dalece można rozbić kryształ i jaką najmniejszą jego część można uzyskać. **Kryształ soli** (halitu) rozbija się na bardzo dużą liczbę drobnutkich kawałków. Podczas oglądania okruszków można zauważyć, że wszystkie odłamki są do siebie podobne. Po powiększeniu fragmentów okaże się, że składają się z kolejnych małych kryształków, które mają takie same cechy geometryczne, jak ich większe fragmenty.



Właśnie takie poukładanie cząsteczek, jedna obok drugiej, w określony sposób, zawsze występuje w ciałach stałych o budowie krystalicznej. Na podwórku, w domu, w szkole możesz znaleźć wiele innych ciał o budowie krystalicznej, np. kamień, węgiel czy kryształki cukru.

Wśród ciał stałych istnieją też substancje, które nie są kryształami, nie mają uporządkowanej budowy. Przykładami takich substancji są: szkło, wiele tworzyw sztucznych oraz przedmiotów z gumy.

Możesz założyć „hodowlę” kryształów soli, umieszczając nitkę w mocno zasolonej wodzie (np. w słoiku zakrytym gazą) na 2–3 tygodnie.

Czy wiesz, potrafisz

1. Na czym polega zjawisko dyfuzji?
2. Dlaczego zjawisko dyfuzji jest jednym z dowodów istnienia cząsteczek?
3. Podaj w przybliżeniu rozmiary cząsteczek.

Ciekawostka

Marian Smoluchowski (1872–1917) był znakomitym fizykiem, jednym z najwybitniejszych uczonych w historii nauki polskiej. Największe znaczenie mają jego prace dotyczące kinetycznej teorii materii. Wyjaśnił on m.in. odkryte w 1827 r. przez Roberta Browna ruchy cząsteczek, zwane później ruchami Browna.



1.8. Budowa substancji a jej właściwości

Zdarza się nam obserwować na kałuży kolorowe, tłuste plamy.

Dlaczego są wyraźnymi plamami, a nie rozlewają się po całej powierzchni?

Wiemy już, że substancje są zbudowane z cząsteczek. Cząsteczki nie są jednak najmniejszymi częściami materii. Składają się one z atomów, a te z jeszcze mniejszych składników. Substancje, których cząsteczki składają się z jednego rodzaju atomów, nazywamy **pierwiastkami**. Substancje, których cząsteczki zbudowane są z różnych atomów, nazywamy **związkami chemicznymi**. Będziesz się o tym uczyć w następnych klasach na lekcjach fizyki oraz chemii.

Spróbujmy wyobrazić sobie, jak ułożone są cząsteczki w substancjach znajdujących się w każdym z trzech stanów skupienia.

Ciała stałe zbudowane są z cząsteczek ściśle ułożonych obok siebie. Siły przyciągania między nimi są bardzo duże, dlatego trudno jest rozzerwać lub pokruszyć ciało stałe.

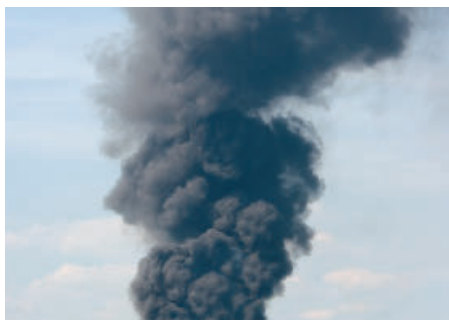
Cząsteczki w ciałach stałych nie przemieszczają się, a tylko wykonują drgania wokół swoich położenia równowagi.



W **cieczach** cząsteczki przyciągają się znacznie słabiej, dlatego substancje te nie mają własnego kształtu, lecz przyjmują kształt naczyń, w których się znajdują. Odległości między cząsteczkami cieczy są większe niż w ciałach stałych, ale nie na tyle duże, żeby ciecz była ściśliwa. Cząsteczki są zdolne do poruszania się w całej zajmowanej objętości.

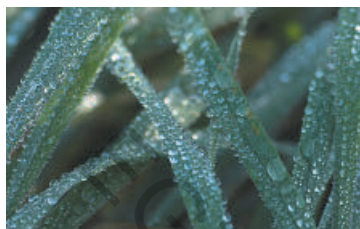


W **gazach** siły przyciągania między cząsteczkami są bardzo małe. Cząsteczki są w nieustannym ruchu – zderzają się ze sobą, zmieniają kierunek ruchu. Odległości między cząsteczkami są duże, w związku z czym łatwo można zmienić objętość gazu. Dlatego gazy są ściśliwe i rozprężliwe.



Ogrzewany lód zaczyna się topić, a więc zmienia się jego stan skupienia. Zwiększają się odległości między cząsteczkami, słabną siły wzajemnego oddziaływania – siły międzycząsteczkowe.

Gdy ogrzewamy wodę, siły wzajemnego oddziaływania cząsteczek słabną jeszcze bardziej, a odległości między cząsteczkami znacznie się zwiększają – woda paruje. W ten sposób możemy wyjaśnić zmiany stanów skupienia.



Siły międzycząsteczkowe działające między cząsteczkami tej samej substancji nazywamy **siłami spójności**. Łączą one (spajają) cząsteczki, tworząc ciała stałe i ciecze, np. krople wody.



Siły działające między cząsteczkami różnych substancji nazywamy **siłami przylegania**. Jedna substancja przylega do drugiej, np. kreda i tablica.

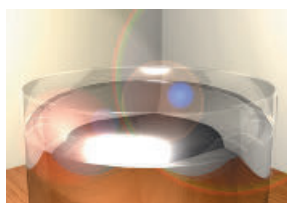
Gdy siły przylegania są większe niż siły spójności, wtedy ciecz zwilża powierzchnię, do której przylega. Natomiast gdy siły przylegania są mniejsze niż siły spójności, ciecz nie zwilża powierzchni.

Doświadczenie

Sprawdźmy, jak będzie zachowywać się powierzchnia wody w zlewkach, jeśli brzeg jednej z nich posmarujemy tłuszczem.



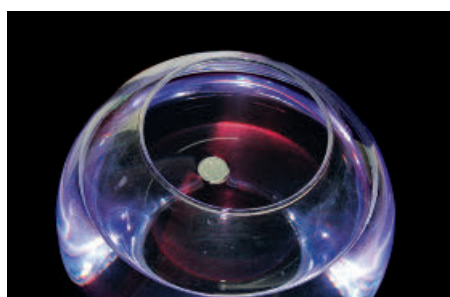
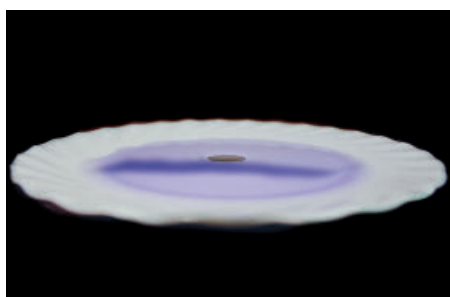
W zlewce nieposmarowanej tłuszczem woda zwilża szkło. Siły spójności cząsteczek wody są mniejsze niż siły przylegania między cząsteczkami szkła i wody. Powierzchnia wody staje się wklęsła, mówimy, że powstał **menisk wklęsły**.



W zlewce posmarowanej tłuszczem siły przylegania między cząsteczkami tłuszczu a cząsteczkami wody są mniejsze niż siły spójności między cząsteczkami wody. Powierzchnia wody staje się wypukła i wówczas mówimy, że powstał **menisk wypukły**.

Na styku powierzchni cieczy z innymi substancjami powstają dodatkowe siły działające na powierzchnię cieczy na skutek przyciągania pomiędzy cząsteczkami cieczy. To zjawisko, zwane **napięciem powierzchniowym**, powoduje, że powierzchnia cieczy zachowuje się jak napięta błonka. Dzięki napięciu powierzchniowemu małe owady mogą biegać po powierzchni wody (np. nartniki), nie zanurzając się, a małe przedmioty o gęstości większej od gęstości wody (szpilka, żyłotka) mogą utrzymać się na jej powierzchni.

Napięcie powierzchniowe utrzymuje na powierzchni wody monetę, owady itp.



Napięcie powierzchniowe powoduje, że kropla cieczy przyjmuje kształt kulisty, nie pozwala kropelkom rozpyływać się po powierzchni.

Wiele doświadczeń pozwala zaobserwować skutki zmiany napięcia powierzchniowego. Łódeczka z papieru położona delikatnie na powierzchni czystej wody rusza do przodu, gdy spuścimy na krawędź jej rufy kropelkę szamponu lub roztworu mydła. Dzieje się tak dlatego, że właśnie mydła i detergenty są substancjami zmniejszającymi napięcie powierzchniowe.

Z napięciem powierzchniowym wiąże się zjawisko **włoskowatości**. Widoczne jest wyraźnie w cienkich rurkach zanurzonych jednym z końców w cieczy. Gdy ciecz w takiej rurce utworzy menisk wklęsły, to siły napięcia powierzchniowego dążą do podnoszenia cieczy w rurce w stosunku do poziomu cieczy w naczyniu – właśnie dlatego odbywa się w cienkich rurkach ruch cieczy w górę wbrew sile ciężenia. Ma to ogromne znaczenie w przyrodzie ożywionej (m.in. dzięki naczyniom włosowatym roślin woda może docierać do ich liści).

Czy wiesz, potrafisz

1. W jakich warunkach cząsteczki wody tworzą gaz (parę wodną), ciecz, ciało stałe (lód)?
2. Jakie siły działają między cząsteczkami tej samej substancji?
3. Podaj nazwy sił występujących między cząsteczkami:
 - a) kredy i tablicy,
 - b) wody i oleju.
4. Dlaczego łatwo usuwa się brud, gdy do mycia lub prania używa się mydła lub innych detergentów?

Ciekawostka

Kleje to substancje zdolne do trwałego łączenia powierzchni ciał stałych. Duża przyczepność tych substancji do powierzchni jest wynikiem silnego wzajemnego oddziaływania cząsteczek kleju z cząsteczkami ciała stałego (duże siły przylegania). Na skutek oddziaływania jego cząsteczek (duże siły spójności) klej jest wyjątkowo wytrzymały na rozerwanie.

1.9. Masa ciała a gęstość substancji

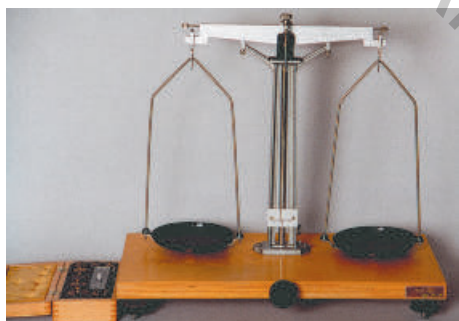
Co decyduje o tym, że ciała o jednakowej objętości mają różne masy?

W naszym otoczeniu występują ciała, które są zbudowane z tej samej substancji, ale zawierają różne jej ilości (np. młotek i siekiera). Wielkość fizyczną, która jest miarą ilości substancji, nazywamy **masą ciała**.



Masa jest wielkością, która nie zależy od tego, gdzie znajduje się ciało. Jednostką masy jest kilogram (kg), którego wzorzec przechowywany jest w Międzynarodowym Biurze Miar i Wąg w Sèvres (pod Paryżem).

Wzorcem jednego kilograma jest walec o średnicy i długości ok. 39 mm, wykonany ze stopu platyny (90%) i irydu (10%). Jego masa jest równa masie jednego litra czystej wody w temperaturze 4°C.



Masę ciała możemy wyznaczyć za pomocą wagi. Jednym z pierwszych i najprostszych urządzeń służących do pomiaru masy jest **waga szalkowa**, zbudowana z belki podtrzymywanej w środku (na przegubie) i z szalek zawieszonych na obu jej końcach. Ciało, którego masę chcemy zmierzyć, umieszczamy na jednej szalce. Na drugiej natomiast ustawiamy odważniki o znanej masie, tzw. legalizowane.

Ważenie polega na porównaniu masy ważonego ciała z masą odważników.

Podstawową jednostką masy jest jeden kilogram (1 kg). Jednostkami większymi i mniejszymi są: tona (t), dekagram (dag), gram (g), miligram (mg).

- 1 t (tona) = 1000 kg
- 1 kg = 100 dag = 1000 g
- 1 g = 1000 mg

Zauważyliście na pewno, że ciała o jednakowej objętości, ale wykonane z różnych substancji, mają różne masy. Kulki: żelazna, szklana czy drewniana, mimo że są tej samej wielkości, różnią się zauważalnie masą. Jeśli zważymy je na wadze laboratoryjnej i masę każdej z nich podzielimy przez jej objętość, to iloraz ten będzie dla każdej kulki inny. Dzieląc masę ciała przez jego objętość, obliczamy gęstość substancji, z której jest zbudowane. Gęstość oznaczamy grecką literą ρ (ro) i obliczamy według wzoru:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

W układzie SI jednostką gęstości jest:

$$[\rho] = \frac{[m]}{[V]} = \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Jeśli masę podamy w gramach, a objętość w centymetrach sześciennych, to gęstość wyrazimy w jednostce $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

Gęstość informuje nas o tym, jaką masę ma 1 m^3 (lub 1 cm^3) danej substancji. Aby obliczyć masę substancji, należy jej gęstość pomnożyć przez objętość:

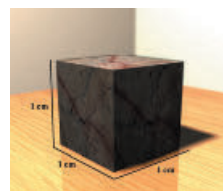
$$m = \rho \cdot V$$

Przykładowe gęstości ciał stałych (tabela I).

Substancja	Gęstość ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)	Gęstość ($\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$)
aluminium	2700	2,7
żelazo	7900	7,9
srebro	10 500	10,5
złoto	19 300	19,3
lód (0°C)	920	0,92
szkło	2500	2,5

Przykładowe gęstości cieczy (tabela II).

Substancja	Gęstość ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)	Gęstość ($\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$)
woda	1000	1
alkohol etylowy	790	0,79
nafta	810	0,81
oliwa	920	0,92
benzyna	700	0,7
rtęć	13 500	13,5



Przykładowe gęstości gazów (tabela III).

Substancja	Gęstość ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)	Gęstość ($\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$)
wodór	0,09	0,00009
azot	1,25	0,00125
tlen	1,43	0,00143
powietrze	1,29	0,00129

Przykład

Oblicz gęstość kulki o masie 2,5 g, jeśli jej objętość jest równa 1 cm³. Z jakiej substancji wykonana jest ta kulka? Wyraź gęstość w $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Dane:

$$m = 2,5 \text{ g}$$

$$V = 1 \text{ cm}^3$$

Szukane:

$$\rho = ?$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{2,5 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3} = 2,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 2,5 \frac{\frac{1}{1000} \text{ kg}}{\frac{1}{1\,000\,000} \text{ m}^3} = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Gęstość kulki wynosi 2500 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, jest ona zrobiona ze szkła.

Czy wiesz, potrafisz

1. Jak obliczamy gęstość substancji?
2. Co to znaczy, że gęstość złota wynosi 19,3 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$?
3. Oblicz, ile razy gęstość srebra jest większa od gęstości lodu.
4. Ile wynosi masa aluminiowego sześciangu o krawędzi 1 cm.
5. Oblicz, jaką masę ma 1 cm³ oliwy.

Ciekawostka

Nasiona chleba świętojańskiego mają stałą masę, dlatego używano ich od wieków do określania masy drogich kamieni. Później wprowadzono wzorzec zbliżony do masy tego nasiona i nazwano go karatem. Powszechnie przyjęto, że karat metryczny (używany w jubilerstwie) to 0,2 g.

Chleb świętojański to owoce szarańczyny strąkowego, jednej z śródziemnomorskich roślin.

1.10. Wyznaczanie gęstości substancji

Jak sprawdzić, czy znaleziona obrączka jest ze złota?

Zajmijmy się teraz wyznaczaniem gęstości różnych substancji. Gęstość ciała stałego możemy łatwo wyznaczyć:

Doświadczenie

- Wyznaczamy masę ciała stałego za pomocą wagi laboratoryjnej.
- Wyznaczamy objętość tego ciała. Jeśli ciało ma kształt regularny (kula, sześcian, prostopadościan), wystarczy zmierzyć ich odpowiednie krawędzie lub średnice i obliczyć objętość, korzystając ze wzorów matematycznych. Jeśli ciało ma kształt nieregularny, możemy skorzystać z poznanej już metody wyporu cieczy.
- Dzieląc masę ciała przez objętość obliczymy gęstość ciała stałego.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Aby wyznaczyć gęstość cieczy, postępujemy następująco:

Doświadczenie

- Wyznaczamy za pomocą wagi masę pustego naczynia m_n .
- Wlewamy określoną ilość cieczy do tego naczynia i wyznaczamy za pomocą wagi masę naczynia wraz z tą cieczą m .
- Znajdujemy różnicę we wskazaniach wagi, a więc masę samej cieczy m_c .
- Przelewamy wodę z naczynia do menzurki i wyznaczamy objętość cieczy V_c .
- Dzieląc masę cieczy przez jej objętość, otrzymamy gęstość cieczy.

$$\rho = \frac{m_c}{V_c}$$

Gęstość powietrza możemy też wyznaczyć doświadczalnie:

Doświadczenie

- Potrzebne będą: waga, odważniki, kolba z wąską szyjką i korkiem, wewnątrz którego znajduje się szklana rurka, wężyk gumowy, ściskacz, menzurka, zlewka z wodą.
- Ważymy kolbę z korkiem i rurką, wężykiem oraz ściskaczem.
 - Wyciągamy ustami przez wężyk jak najwięcej powietrza z kolby (czynność tę możemy kilkakrotnie powtórzyć, za każdym razem ściskając wężyk ściskaczem, aby zapobiec wlotowi powietrza z powrotem do kolby).

- Ważymy ponownie kolbę z korkiem, wężykiem oraz ściskaczem, ale już bez części powietrza.
- Obliczamy masę powietrza wyciągniętego z kolby, odejmując od początkowej masy kolby z powietrzem i oprzyrządowaniem masę kolby, z której wyciągnięto część powietrza, ale z korkiem, rurką i ściskaczem.
- Zanurzamy wężyk w zlewce z wodą i zwalniamy ściskacz – do kolby wpłynie pewna ilość wody.
- Przelewamy wodę z kolby do menzurki – jej objętość jest równa objętości powietrza wyciągniętego z kolby.
- Obliczamy gęstość powietrza według wzoru:

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Aby wyznaczyć gęstość powietrza, możemy postąpić też inaczej.

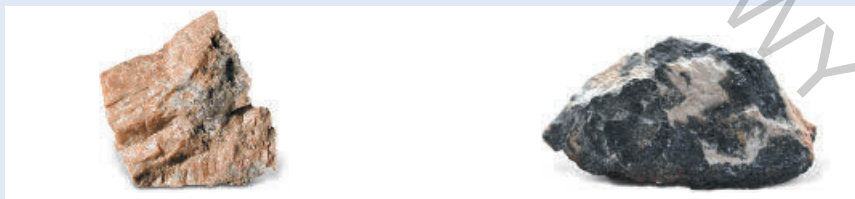
Na czulej wadze należy wyznaczyć masę dętki (np. rowerowej) przed napompowaniem i po napompowaniu. Różnica tych wielkości będzie masą powietrza napompowanego do dętki. Ustalenie objętości napompowanego powietrza jest możliwe np. przez policzenie ruchów tłoka i pomnożenie ich liczby przez objętość pompki.

Gęstości wyznaczone w naszych doświadczeniach prawdopodobnie nie będą zgodne z gęstościami zawartymi w tablicach, bo zastosowane przez nas metody nie są precyzyjne. Na niepewność pomiaru wpłyną: nieprecyzyjny pomiar masy substancji oraz niepewność pomiaru objętości. Przy dużej staranności można uzyskać wynik przybliżony, dla którego niepewność pomiaru wyniesie kilkanaście procent.

Czy wiesz, potrafisz

1. Jak wyznaczyć gęstość ciała stałego?
2. Jak wyznaczyć gęstość cieczy?
3. W jaki sposób można wyznaczyć gęstość gazu?

Ciekawostka



Ortoklaz – gęstość 2600 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Galenit – gęstość 7600 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Te dwa kryształy są zbliżonej wielkości, lecz ich masy różnią się znacznie. Przyczyną jest różnica ich gęstości, wynikająca ze sposobu ułożenia cząsteczek w każdym z kryształów.

1.11. Ciśnienie i jego pomiar

Kiedy ślad położonej na śniegu cegły będzie najplytszy?

Żyjemy we wnętrzu ogromnego „oceanu” powietrznego. W naszym otoczeniu występują również olbrzymie zbiorniki wypełnione wodą. Jakie prawa rządzą zjawiskami w tych dwóch środowiskach? Ograniczymy się tylko do najprostszych przykładów, gdy gazy lub ciecze znajdują się w spoczynku, czyli są nieruchome. Nauka o cieczy będącej w spoczynku nazywa się **hydrostatyką**, a nauka o gazie będącym w spoczynku – **aerostatyką**.

Każde ciało stałe wywiera nacisk na powierzchnię, na której się znajduje. Ciecz umieszczona w naczyniu wywiera nacisk na powierzchnie jego dna i ścian bocznych.



Gaz oddziałuje siłą **nacisku** na powierzchnie wszystkich ścian pomieszczenia lub naczynia, w których się znajduje.

Doświadczenie

Te same siły nacisku mogą wywoływać różne skutki. Połóżmy cegłę na dużej gąbce kolejno trzema różnymi powierzchniami. Zaobserwujmy i porównajmy zagniecenia gąbki, jakie spowodowała ta cegła. W każdym z rozpatrywanych przypadków siła nacisku była równa co do wartości, a skutek jej działania był inny (różne zagłębienie się danego ciała). Największe wgniecenie wystąpiło, gdy nacisk działał na najmniejszą powierzchnię. Aby liczbowo porównać skutki działania siły nacisku, obliczamy jego wartość na jednostkę powierzchni.

W fizyce wartość siły nacisku działającej na jednostkę powierzchni nazywamy **ciśnieniem**. Obliczamy je, dzieląc wartość siły nacisku przez pole powierzchni, na którą działa ta siła.

$$\text{ciśnienie} = \frac{\text{siła nacisku}}{\text{pole powierzchni}}$$

Stosując oznaczenia:

p – ciśnienie,

F_N – wartość siły nacisku,

S – pole powierzchni

otrzymujemy wzór na obliczanie ciśnienia:

$$p = \frac{F_N}{S}.$$

Ciśnienie informuje nas o wartości siły nacisku działającej na jednostkę powierzchni:

$$[p] = \frac{[F_N]}{[S]} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2} = 1 \text{ Pa (paskal)}.$$

Jeśli na powierzchnię 1 m² działa siła o wartości 1 N to ciśnienie wynosi 1 paskal.

100 Pa = 1 hPa (hektopaskal)

1000 Pa = 1 kPa (kilopaskal)

1 000 000 Pa = 1 MPa (megapaskal)

Ciśnienie nie jest wielkością wektorową, nie można określić jego kierunku i zwrotu. Z definicji ciśnienia wynika, że jest ono tym większe, im większa jest wartość siły nacisku oraz im mniejsza jest powierzchnia, na którą ta siła działa.

Przekształcając wzór na ciśnienie, możemy obliczyć wartość siły nacisku:

$$F_N = p \cdot S.$$

Znajomość pojęcia ciśnienia i umiejętność jego obliczania ma ogromne znaczenie praktyczne. Projektanci budowli muszą dokonywać wielu obliczeń ciśnienia ścian na podłoże, aby budynek „osiadał” równomiernie na gruncie. Projektują przy tym odpowiednią powierzchnię tak zwanych ław, aby zmniejszyć ciśnienie. Niewłaściwe obliczenia bądź niedokładne wykonanie mogą doprowadzić do katastrofy budowlanej.

Omawiając właściwości fizyczne gazów, stwierdziliśmy, że wypełniają one zawsze całą objętość naczynia. Wiemy, że cząsteczki gazów poruszają się z dużą szybkością. Gdy gaz jest zamknięty w naczyniu, jego cząsteczki uderzają o ścianki tego naczynia. Masa każdej cząsteczki jest bardzo mała, więc jej uderzenie o ściankę powoduje niewielkie działanie. Ponieważ jednak liczba cząsteczek jest ogromna, a zderzenia zachodzą miliardy razy na sekundę, więc w rezultacie występuje ich nacisk na ścianki naczynia. Wnioskujemy stąd, że gaz wywiera ciśnienie na ścianki zbiornika, w którym się znajduje.

Przy wyznaczaniu ciśnienia gazu obowiązuje ta sama zależność:

$$p = \frac{F_N}{S},$$

ale praktyczny pomiar siły nacisku i pola powierzchni naczynia (często nieforemnego) jest nader trudny i dlatego ciśnienie gazu w zbiornikach zamkniętych, np. kołach samochodowych, mierzymy za pomocą przyrządów pomiarowych zwanych ciśnieniomierzami lub **manometrami**.

Częściej obliczamy siłę nacisku wywieraną przez gaz na ściany zbiornika. Korzystamy przy tym z przekształconego wzoru na ciśnienie:

$$F_N = p \cdot S.$$



Przykład

Jaką wartość ma siła działająca na całą wewnętrzną powierzchnię kotła równą $1,5 \text{ m}^2$, jeżeli ciśnienie pary w kotle wynosi $1,1 \text{ MPa}$.

Dane:

$$p = 1,1 \text{ MPa} = 1\,100\,000 \text{ Pa} = 1\,100\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$S = 1,5 \text{ m}^2$$

Szukane:

$$F = ?$$

Stosujemy znany wzór na wartość siły nacisku:

$$F = p \cdot S$$

i obliczamy:

$$F = 1\,100\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 1,5 \text{ m}^2$$

$$F = 1\,650\,000 \text{ N}$$

$$F = 1,65 \text{ MN}$$

Siła działająca na powierzchnię wewnętrzną kotła wynosi $1,65 \text{ MN}$.

Zwiększenia ciśnienia gazu możemy dokonać przez zmniejszenie objętości przy zachowanej liczbie cząsteczek (ściśkanie balonika) lub przez zwiększenie liczby cząsteczek w tej samej objętości (dopompowanie piłki, dętki samochodowej). W każdym z tych wypadków zachodzi sprężanie gazu. Musimy zatem pamiętać, że sprężanie gazu powoduje wzrost jego ciśnienia.

Obniżenie ciśnienia w zbiorniku, na przykład przez wypompowywanie z niego powietrza (lub innego gazu), powoduje rozprężanie się gazu. Dalsze wypompowywanie gazu prowadzi do zaniku ciśnienia gazu w tym zbiorniku, a więc powoduje powstanie próżni. Próżnią nazywamy stan panujący w przestrzeni, w której nie ma cząsteczek żadnego gazu.

Czy wiesz, potrafisz?

1. Co nazywamy ciśnieniem?
2. Jakim przyrządem mierzymy ciśnienie gazów?
3. Oblicz ciśnienie wywierane na podłogę przez ciągnik o masie 2 ton, poruszający się na gąsienicach o szerokości 25 cm, jeżeli każda gąsienica styka się z powierzchnią ziemi na długości 2 m.

Ciekawostka

Musimy wiedzieć, że całkowitej próżni nie sposób osiągnąć. Przy pomocy pomp możemy jednak doprowadzić do tak znacznego rozrzedzenia gazu, że ciśnienie w zbiorniku może wynosić nawet $0,00000001 \text{ Pa}$.

Próżnię spotykamy w urządzeniach codziennego użytku, np. termosach, opakowaniach próżniowych. Występuje ona również w żarówkach oraz w kineskopach telewizorów.

1.12. Ciśnienie hydrostatyczne i atmosferyczne

Dlaczego w pomiarach ciśnienia używamy czasem jednostki mmHg (wysokość słupa rtęci)?

Ciśnienie cieczy znajdującej się w naczyniu lub zbiorniku i będącej w spoczynku nazywamy ciśnieniem hydrostatycznym. Zbadajmy, od czego ono zależy.

Doświadczenie



W wysokiej butelce plastikowej (2-litrowej) wykonujemy otworki (o jednakowej średnicy) na różnych wysokościach. Zaklejamy je, nalewamy do butelki wodę, wstawiamy do wanienki i odklejamy szybko wszystkie otworki jednocześnie. Obserwujemy wylewającą się nimi wodę.

Zauważymy, że największy zasięg ma strumień wody wypływający z otworu znajdującego się najniżej, a najmniejszy z otworu najwyżej położonego. Wcześniej mówiliśmy, że ciecz naciska na dno i boczne ściany naczynia. Wypływanie cieczy przez otworki jest efektem tego nacisku. Jeżeli wykonane otworki miały jednakowe pola powierzchni, to największe ciśnienie panuje na dnie butelki i zmniejsza się ono, gdy zmniejsza się słup wody nad otworem.

Ciśnienie to możemy obliczyć, stosując znany już wzór: $p = \frac{F_N}{S}$,

wartość siły nacisku F_N jest równa ciężarowi cieczy: $F_N = m \cdot g$,

masa cieczy: $m = \rho \cdot V$,

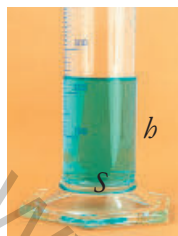
objętość: $V = S \cdot h$,

zatem wartość siły nacisku: $F_N = \rho \cdot S \cdot h \cdot g$.

Podstawiając powyższy wzór do wzoru na ciśnienie, otrzymujemy:

$$p = \frac{\rho \cdot S \cdot h \cdot g}{S}.$$

Po uproszczeniu: $p = \rho \cdot h \cdot g$.



Ciśnienie hydrostatyczne zależy od rodzaju cieczy (gęstości cieczy) oraz wysokości słupa cieczy.

Na ciśnienie hydrostatyczne w cieczy mają również wpływ siły grawitacyjne zależne od szerokości geograficznej, stąd współczynnik $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ (średnio dla Polski).

Powyższa zależność uzasadnia nasze obserwacje. Najwyższe ciśnienie panuje na dnie naczynia, bo najwyższy jest tu słup cieczy znajdującej się powyżej miejsca pomiaru.

Obliczając ciśnienie, na przykład na pewnych głębokościach w morzach, oceanach i innych zbiornikach wodnych, uwzględnić musimy ciśnienie atmosferyczne, które działa na powierzchnię cieczy (wody) w danym zbiorniku.

Oznaczając wartość ciśnienia atmosferycznego literą p_{atm} , otrzymujemy wzór na ciśnienie w cieczy na pewnej głębokości:

$$p = p_{atm} + \rho \cdot h \cdot g$$

Z lekcji przyrody i geografii wiecie, że powłoka gazowa otaczająca kulę ziemską nazywa się atmosferą. Gazem wypełniającym atmosferę jest powietrze, w którym żyjemy. Nie jest ono zamknięte w żadnym zbiorniku, gdyż siła grawitacji utrzymuje je w pobliżu powierzchni Ziemi. Nacisk powietrza (atmosfery) na powierzchnię Ziemi pochodzi od ciężaru wszystkich jego cząsteczek. Wartość nacisku na jednostkę powierzchni nazwaliśmy już wcześniej ciśnieniem. Ciśnienie powietrza nie jest stałe, zmienia się wraz z wysokością nad powierzchnią Ziemi i temperaturą powietrza, zależy również od innych czynników.

Doświadczenie

Butelkę częściowo napełnioną wodą zatykamy palcem, odwracamy dnem do góry i wstawiamy do przygotowanej wcześniej wanienki z wodą.

Zauważamy, że woda z butelki nie wylewa się – dlaczego?

Otóż na powierzchnię wody znajdującej się w wanience działa siła nacisku powietrza, uniemożliwiająca podnoszenie się poziomu wody w wanience.

Takie ciśnienie powietrza wywierane jest na całą powierzchnię Ziemi i wszystkie ciała znajdujące się na niej. Nazywamy je ciśnieniem atmosferycznym. Ogólnie możemy powiedzieć:

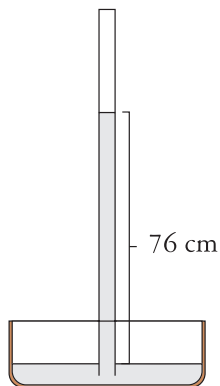
Ciśnieniem atmosferycznym nazywamy ciśnienie wywierane na powierzchnię Ziemi i na wszystkie znajdujące się na niej ciała przez atmosferę okołoziemską.

Wykonajmy doświadczenie, które potwierdzi istnienie ciśnienia atmosferycznego.

Doświadczenie

Szklankę napełniamy wodą i nakrywamy kawałkiem papieru. Podtrzymując przykrycie ręką, odwracamy szklankę do góry dnem i stwierdzamy, że woda nie wylewa się i papier nie odpada. Ciśnienie atmosferyczne działające od dołu na kartkę papieru równoważy ciśnienie słupa wody – działające od góry. W związku z tym woda nie wylewa się.





Istnienie ciśnienia atmosferycznego pierwszy zauważył Galileusz (XVII w.), a pierwszego pomiaru tego ciśnienia dokonał w 1643 roku uczeń Galileusza Evangelista Torricelli [czyt. ewangelista toricelli], wykonując słynne doświadczenie zwane doświadczeniem Torricellego. Oto jak ono wyglądało:

Do cienkiej, szklanej, zatopionej z jednego końca rurki o długości 1 metra nalał do pełna rtęci i zatkał ją od góry. Rurkę odwrócił, zanurzył zatkany koniec w naczyniu z rtęcią i go odetkał.

Zaobserwował, że część rtęci wylała się do naczynia, a w rurce powstała nad rtęcią pusta przestrzeń. Pozostały słupek rtęci zmierzony względem powierzchni rtęci w naczyniu miał wysokość 760 mm. Zgodnie z interpretacją Torricellego ciśnienie słupka rtęci znajdującego się w rurce równoważy ciśnienie słupa powietrza wywierane na powierzchnię rtęci znajdującej się w naczyniu.

Ciśnienie powietrza, które równoważy ciśnienie hydrostatyczne słupa rtęci o wysokości 760 mm, przyjęto za **normalne ciśnienie atmosferyczne**.

Znając wzór na obliczanie ciśnienia hydrostatycznego, możemy obliczyć wartość ciśnienia atmosferycznego:

$$p = \rho \cdot h \cdot g.$$

Przyjmując wartości: gęstość rtęci $\rho = 13\,590 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, wysokość słupa rtęci

$h = 760 \text{ mm} = 0,76 \text{ m}$, $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$,

obliczamy wartość tego ciśnienia:

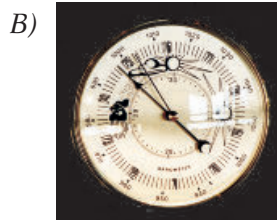
$$p = 13\,590 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,76 \text{ m} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

$$p = 101\,321,6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 101\,321,6 \text{ Pa}$$

$$p \approx 1013 \text{ hPa.}$$

Wartość tego ciśnienia najczęściej bywa mniejsza lub większa od normalnego i wtedy mówimy o obniżonym lub podwyższonym ciśnieniu atmosferycznym. Jeżeli ciśnienie atmosferyczne zwiększa się, to większy jest nacisk powietrza atmosferycznego na powierzchnię rtęci w naczyniu i więcej rtęci wpływa do wnętrza rurki, a więc wyższy jest słup. W praktyce za wartość ciśnienia normalnego przyjmuje się 1000 hPa.

Zmiany ciśnienia atmosferycznego mają związek ze zmianami pogody. Do pomiaru ciśnienia atmosferycznego używa się przyrządów pomiarowych, takich jak: barometry rtęciowe, elektroniczne (A) i aneroidy (B).



Przykład

Oblicz siłę, z jaką powietrze naciska na szybę wystawową o wymiarach 2 m x 4 m, przyjmując, że ciśnienie atmosferyczne wynosi 1000 hPa. Wyjaśnij, dlaczego szyba nie pęka pod działaniem tej siły.

Dane:

$$p = 1000 \text{ hPa} = 100\,000 \text{ Pa} = 100\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$a = 2 \text{ m}$$

$$b = 4 \text{ m}$$

Szukane:

$$F = ?$$

Stosujemy wzór na wartość siły nacisku:

$$F = p \cdot S,$$

gdzie pole powierzchni wyraża się wzorem:

$$S = a \cdot b.$$

Stąd wartość siły nacisku będzie wyrażać się wzorem:

$$F = p \cdot a \cdot b$$

i obliczymy jej wartość:

$$F = 100\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 2 \text{ m} \cdot 4 \text{ m} = 800\,000 \text{ N} = 800 \text{ kN}$$

Na tę szybę powietrze naciska z siłą 800 kN. Szyba ta nie pęka, gdyż powietrze naciska z obu stron szyby.

Czy wiesz, potrafisz

1. Jakie wielkości potrzebne są do obliczenia ciśnienia hydrostatycznego?
2. Wyjaśnij pojęcia: ciśnienie cieczy, ciśnienie w cieczy.
3. Co to znaczy, że ciśnienie normalne wynosi 760 mmHg?
4. Ciśnienie wody wywierane na dno szklanki wynosi 10 hPa. Jaka będzie wartość ciśnienia wywieranego przez rtęć nalaną do tej samej wysokości, jeżeli gęstość wody wynosi $\rho_1 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, a gęstość rtęci $\rho_2 = 13\,600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$?

Ciekawostka

Dzięki ciśnieniu atmosferycznemu możemy wyjąć monetę z talerzyka bez dotykania wody. Po włożeniu szklanki z zapaloną kartką papieru do naczynia z wodą – na skutek wytworzonej różnicy ciśnień woda wpływa do szklanki.



1.13. Prawo Pascala i jego zastosowanie

Dlaczego za pomocą podnośnika hydraulicznego łatwo podnieść samochód?



Dotychczas, omawiając ciśnienie gazów oraz ciśnienie cieczy, rozpatrywaliśmy oddziaływania tych substancji na dna i ściany naczyń, w których się znajdowały, z uwzględnieniem kinetyczno-cząsteczkowej teorii budowy ciał.

Pompując piłkę, obserwujemy zmiany jej kształtu we wszystkich kierunkach.

Taki sam efekt widzimy przy pompowaniu dętki rowerowej, materaca gumowanego i innych przedmiotów.

Mówimy, że ciśnienie w gazie przekazywane jest we wszystkich kierunkach jednakowo. Czy stwierdzenie to odnosi się również do cieczy?

Doświadczenie

Za pomocą grubej, mocno ogrzanej igły wykonujemy w strzykawce kilka otworków (bliżej wylotu). Napęloną wodą strzykawkę ustawiamy pionowo i naciskamy od dołu tłoczek. Obserwujemy równomierne wytryskiwanie wody ze wszystkich otworków.



Podobne doświadczenie możemy wykonać, napęlniając balonik wodą i robiąc w nim szpilką kilka otworków. Po naciśnięciu balonika obserwujemy wyciekanie wody – każdy strumień wody będzie prostopadły do powierzchni balonika.

Jeśli w pracowni znajduje się szklana kulista kolba z otworami i tłokiem, możecie ją wykorzystać zamiast strzykawki lub balonu.

Ciśnienie zewnętrzne wytworzone siłą F na powierzchnię S przenoszone jest w cieczy we wszystkich kierunkach, na wszystkie ściany, bez zmiany wartości.

Na podstawie powyższych doświadczeń możemy sformułować **prawo Pascala**.

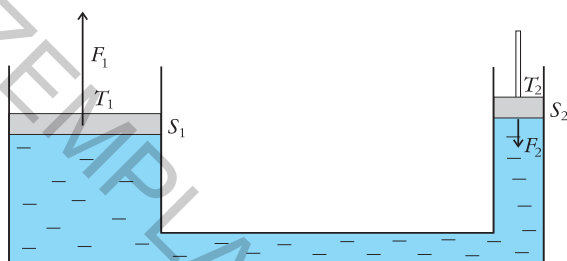
Ciśnienie zewnętrzne wywierane na ciecz rozchodzi się w niej jednakowo we wszystkich kierunkach i zwrócone jest zawsze prostopadłe do ścian naczynia, w którym ciecz się znajduje.

Blaise Pascal [czyt. blez paskal] doszedł również do wniosku, że mała ilość wody, ale w postaci wysokiego słupa, będzie wywierała bardzo duże ciśnienie, a tym samym i nacisk na ściany naczynia. W takim razie naczynie może nie wytrzymać tak dużego ciśnienia od wewnątrz i powinno zostać rozerwane. To słynne doświadczenie, wykorzystując beczkę po piwie, wykonał Pascal w towarzystwie swoich przyjaciół.

Zwiększając słupek wody w rurce, pokazał, że woda zaczyna wyciekać z beczki szczelinami powstałymi między klepkami. Doświadczenie to stanowiło wielkie odkrycie i było powtarzane nawet na wyższych uczelniach.

Pascal zauważył zmienność ciśnienia atmosferycznego w zależności od wysokości względem powierzchni ziemi. Ze wzrostem wysokości maleje gęstość gazów, a to powoduje, że maleje również ciśnienie atmosferyczne. Przy wzroście wysokości o 100 m ciśnienie atmosferyczne spada w przybliżeniu o 1,2 kPa.

Prawo Pascala znalazło zastosowanie w konstrukcji wielu urządzeń hydraulicznych (wykorzystujących ciśnienie cieczy) i pneumatycznych (wykorzystujących ciśnienie gazów). Najpopularniejszym z nich jest prasa hydrauliczna. Zasadę jej działania przedstawia poniższy rysunek:



Działając siłą o niewielkiej wartości F_2 na powierzchnię S_2 , wytwarzamy ciśnienie

$$p = \frac{F_2}{S_2}$$

Na dużą powierzchnię S_1 ciecz działa siłą F_1 o dużej wartości, ponieważ ciśnienie jest wszędzie jednakowe.

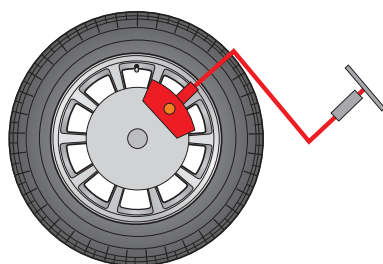
$$F_1 = p \cdot S_1 \quad \text{więc} \quad F_1 = \frac{F_2}{S_2} \cdot S_1$$

$$\text{ostatecznie} \quad \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

Łatwo zauważyć, że działając na tłok o małej powierzchni siłą o małej wartości, otrzymujemy na drugim tłoku (o większej powierzchni) siłę dużej wartości.

Praktycznymi urządzeniami działającymi na tej zasadzie są podnośniki hydrauliczne i hamulce hydrauliczne (szczególnie w samochodach ciężarowych) przedstawione na rysunku obok.

Zamiast cieczy w urządzeniach tych często stosowane jest sprężone powietrze i podnośniki (czy hamulce) nazywa się wtedy pneumatycznymi.



Przykład

Na mały tłok podnośnika hydraulicznego o powierzchni 15 cm^2 działa siła o wartości 200 N . Jaki ciężar może podnieść duży tłok tego podnośnika o powierzchni 750 cm^2 ?

Dane:

$$F_1 = 200 \text{ N}$$

$$S_1 = 15 \text{ cm}^2$$

$$S_2 = 750 \text{ cm}^2$$

Szukane:

$$F_2 = ?$$

Zgodnie z prawem Pascala:

$$p_1 = p_2$$
$$p_1 = \frac{F_1}{S_1} \quad \text{i} \quad p_2 = \frac{F_2}{S_2}$$
$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

Po przekształceniu: $F_2 = \frac{S_2}{S_1} \cdot F_1$

Podstawiając dane: $F_2 = \frac{750 \text{ cm}^2}{15 \text{ cm}^2} \cdot 200 \text{ N}$

$$F_2 = 10000 \text{ N}$$

$$F_2 = 10 \text{ kN}$$

Duży tłok może podnieść samochód o ciężarze 10 kN .

Czy wiesz, potrafisz?

1. Jak brzmi prawo Pascala?
2. Wymień dwa urządzenia, w których znalazło zastosowanie prawo Pascala.
3. Na mały tłok podnośnika hydraulicznego o powierzchni 8 cm^2 działa siła $1,2 \text{ kN}$. Ile wynosi masa ciała, które podnosi duży tłok podnośnika o powierzchni 40 cm^2 ? Na jaką wysokość zostanie podniesione to ciało, jeżeli mały tłok przesunął się o 35 cm ?

Ciekawostka

Blaise Pascal [czyt. blez paskal] (1623–1662), francuski uczonek, badał nie tylko zjawiska hydrostatyczne. Był również filozofem, publicystą oraz matematykiem. Uważał, że zasady geometrii ułatwiają poznanie faktów, ale nie przynoszą ich zrozumienia. Porządek serca, twierdził, jest różny od porządku rozumu. Pascal był też twórcą pierwszej maszyny matematycznej.



1.14. Prawo Archimedesza

Dlaczego łatwiej nauczyć się pływać w wodzie morskiej (zasolonej)?

Będąc nad morzem, zapewne obserwowaliście pływające okręty. Z codziennego doświadczenia wiecie, że zanurzony w wodzie korek wypływa na powierzchnię. Wnioskujemy, że na korek ten działa jakaś siła. Jest nią **siła wyporu**.

Wiemy z dotychczasowej nauki, że objętość wypartej cieczy jest zawsze równa objętości zanurzonego w niej ciała.

Doświadczenie

Na siłomierzu zawieśmy obciążnik i odczytamy wartość siły ciężkości (F_1). Zawieszony na siłomierzu obciążnik zanurzymy w wodzie wypełniającej naczynie znajdujące się w kuzewce, jak na rysunku. Odczytamy wskazanie siłomierza (F_2). Obliczymy różnicę wskazań siłomierza, wynikającą z istnienia siły wyporu (F_w).

$$F_w = F_1 - F_2$$



Przelewamy wodę z kuzewki do menzurki i odczytujemy jej objętość. Dokonujemy obliczeń ciężaru wody, która wypłynęła do podstawionej kuzewki, w następujący sposób:

$$F_c = m \cdot g.$$

Ponieważ $m = \rho \cdot V$ (gdzie ρ – gęstość cieczy, V – objętość wypartej cieczy) F_c – siła wyporu, m – masa wypartej cieczy, $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ współczynnik proporcjonalności

Po podstawieniu ostatecznie otrzymujemy:

$$F_c = \rho \cdot V \cdot g.$$

Po porównaniu ciężaru wypartej wody z wartością siły wyporu okazuje się, że są one równe: $F_c = F_w$.